

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA E
GEOCIÊNCIAS**

**DEFINIÇÃO DE UNIDADES GEOAMBIENTAIS NA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITU – OESTE DO RS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Romario Trentin

Santa Maria, RS, Brasil

2007

**DEFINIÇÃO DE UNIDADES GEOAMBIENTAIS NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO ITU – OESTE DO RS**

por

Romario Trentin

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, Área de Concentração em Análise Ambiental e Dinâmica Espacial, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito para obtenção do grau de **Mestre em Geografia**

ORIENTADOR: LUÍS EDUARDO DE SOUZA ROBAINA

Santa Maria, RS, Brasil

2007

Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Naturais e Exatas
Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências

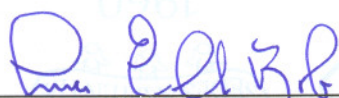
A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a
Dissertação de Mestrado

**DEFINIÇÃO DE UNIDADES GEOAMBIENTAIS NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO ITU – OESTE DO RS**

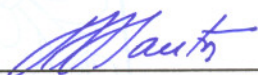
Elaborada por
Romario Trentin

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Geografia

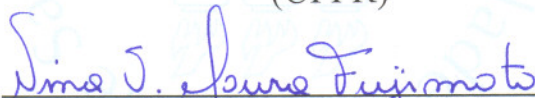
COMISSÃO EXAMINADORA:



Prof. Dr. Luís Eduardo de Souza Robaina
(Orientador - UFSM)



Prof. Dr. Leonardo José Cordeiro Santos
(UFPR)



Prof.ª Dr.ª Nina Simone Vilaverde Moura Fujimoto
(UFRGS)

Santa Maria, 23 de janeiro de 2007.

T795d Trentin, Romario
Definição de unidades geoambientais na Bacia
Hidrográfica do Rio Itu – oeste do RS / por Romário
Trentin . – 2006.
140 f. (2 f. dobradas) : il. ; 30 cm.

Orientador: Luís Eduardo de Souza Robaina
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de
Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas,
Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências,
RS, 2007

1. Geografia 2. Bacia hidrográfica 3. Análise
ambiental 4. Meio ambiente 5. Bacia hidrográfica do Rio
Itu 6. Rio Grande do Sul I. Robaina, Luís Eduardo de
Souza II. Título.

CDU 556.51

Ficha catalográfica elaborada por
Maristela Eckhardt - CRB-10/737

AGRADECIMENTOS

- ⇒ Aos meus pais Mario e Ezenilda, pelo apoio, compreensão e sacrifícios que fizeram por mim, para que alcançasse meus objetivos;
- ⇒ Aos meus irmãos pelos incentivos, conselhos e ajudas e investimentos que fizeram prestaram a minha pessoa;
- ⇒ A Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), por possibilitar o uso de sua estrutura, aproveitando o conhecimento de seu corpo docente e por proporcionar um ensino de qualidade e gratuito;
- ⇒ Ao professor Luís Eduardo de Souza Robaina, pela orientação nos trabalhos, pela amizade e dedicação oportunizando meu crescimento;
- ⇒ Aos professores Leonardo, Nina e Andréa por se disponibilizarem a avaliar este trabalho, contribuindo para uma melhor qualificação do mesmo;
- ⇒ Ao demais professores do Programa de Pós-Graduação, pelo auxílio, ensinamentos e contribuições;
- ⇒ Aos colegas do Laboratório de Geologia Ambiental (LAGEOLAM), em especial aos que contribuíram para a realização dos trabalhos e do meu crescimento profissional;
- ⇒ Aos amigos e amigas do curso e de nosso conviver diário pelo coleguismo, respeito e por estarem sempre ao meu lado principalmente nos momentos difíceis.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iv
SUMÁRIO	v
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE GRÁFICOS	x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
APRESENTAÇÃO	xiii
1 - INTRODUÇÃO	14
2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1 – ESTUDOS EM BACIA HIDROGRÁFICA	20
2.2 - CARTOGRAFIA.....	22
2.2.1 - Cartografia geoambiental e geomorfológica	23
2.3 – TRABALHOS DESENVOLVIDOS NA REGIÃO OESTE DO RIO GRANDE DO SUL.....	27
2.3.1 – Trabalhos de caracterização geral do oeste do Rio Grande do Sul	27
2.3.2 – Trabalhos específicos de estudo de caso no oeste do Rio Grande do Sul	31
3 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	34
3.1 - ELABORAÇÃO DOS MAPAS	40
Mapa de unidades litológicas e identificação dos lineamentos.....	40
Mapa de unidades de relevo.....	41
Mapa de drenagem e identificação de cabeceiras de drenagem	42
Mapa de solos	43
Mapa de uso/ocupação.....	43
Mapa de feições superficiais e características ambientais marcantes	45
3.2 - O PRODUTO FINAL	45
4 – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	47
4.1 - ANÁLISE DA REDE DE DRENAGEM	47
4.1.1 – Compartimentação com base na rede de drenagem	49
4.2 – ANÁLISE DO RELEVO.....	51
4.2.1 – Altimetria.....	51
4.2.2 – Declividade.....	53
4.2.3 – Comprimento das vertentes	56
4.3 – MAPA DE UNIDADES DE RELEVO	57
4.4 – ANÁLISE DAS LITOLOGIAS.....	61
4.4.1 - Distribuição espacial das litologias	64
4.4.2 - Principais controles tectônicos	68
4.4.3 - Lineamento na bacia do Itu	69
4.5 - CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS	70
4.5.1 - El Niño e La Niña.....	71
4.5.2 – Características climáticas da bacia hidrográfica do Rio Itu	73
4.5.3 - Balanço Hídrico para a Região.....	80
4.5.4 - A questão do El Niño e La Nina e as precipitações no oeste do Rio Grande do Sul	85
4.5.5 - Efeitos no déficit hídrico	88
4.6 – ANÁLISE DOS SOLOS.....	89

4.6.1 - Processos pedogenéticos	90
Perfil do solo.....	91
4.6.2 - Características morfológicas do solo.....	92
4.6.3 – Solos da bacia hidrográfica do Rio Itu.....	94
4.6.4 - Caracterização dos tipos de solo.....	94
ARGISSOLOS (UNIDADE DE MAPEAMENTO JÚLIO DE CASTILHOS).....	96
CAMBISSOLOS (UNIDADE DE MAPEAMENTO FARROUPILHA).....	97
LATOSSOLOS ARENOSOS (UNIDADE DE MAPEAMENTO CRUZ ALTA).....	98
LUVISSOLOS (UNIDADE DE MAPEAMENTO VIRGINIA).....	100
NEOSSOLOS (UNIDADE DE MAPEAMENTO GUASSUPÍ E PEDREGAL).....	101
NITOSSOLOS (UNIDADE DE MAPEAMENTO SÃO BORJA).....	102
PLANOSSOLOS (UNIDADE DE MAPEAMENTO VACACAÍ).....	103
PLINTOSSOLOS (UNIDADE DE MAPEAMENTO DURSINAL).....	103
OUTROS TIPOS DE OCORRÊNCIAS	104
4.7 – USO E OCUPAÇÃO DA TERRA	105
4.7.1 - Campos sulinos.....	106
4.7.2 - Características do uso e ocupação da terra na área de estudo.....	108
4.8 - FEIÇÕES SUPERFICIAIS E CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS MARCANTES	117
Processos erosivos acelerados: os campos de areias	117
Processos erosivos acelerados: voçorocas	120
Florestas nativas e áreas de proteção	121
4.9 – UNIDADES GEOAMBIENTAIS	124
5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	131
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	133

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Atributos da análise morfométrica da rede de drenagem	47
Tabela 02 – Declividade das vertentes na bacia hidrográfica do Rio Itu	54
Tabela 03 - Classes de comprimento de vertentes e ocorrência na bacia hidrográfica do Rio Itu	56
Tabela 04 – Características das unidades de relevo da bacia hidrográfica do Rio Itu	57
Tabela 05 – Características litológicas do bloco 1	64
Tabela 06 – Características litológicas do bloco 2	66
Tabela 07 – Características Litológicas do bloco 3	67
Tabela 08 – Características litológicas do bloco 4	67
Tabela 09 – Características litológicas do bloco 5	68
Tabela 10 – Área e porcentagem dos tipos de uso da terra	110

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Localização da área de estudo	19
Figura 02 – Bacia hidrográfica: um sistema integrado e aberto.	21
Figura 03 – Unidades morfoesculturais do Rio Grande do Sul.	28
Figura 04 - Fluxograma dos níveis e etapas do mapeamento	36
Figura 05 – Distribuição das estações meteorológicas na região da área de estudo	38
Figura 06- Ilustração dos cruzamentos de mapas base para a elaboração do mapa geoambiental	46
Figura 07 - Mapa dos setores da drenagem da bacia hidrográfica do Rio Itu	50
Figura 08 – Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do Rio Itu	52
Figura 09 – Mapa de declividade da bacia hidrográfica do Rio Itu	55
Figura 10 – Mapa de unidades de relevo da bacia hidrográfica do Rio Itu	58
Figura 11 – Fotografia mostrando as áreas planas da unidade I	59
Figura 12 – Fotografia mostrando as áreas onduladas da unidade VI	60
Figura 13 – Fotografia mostrando as áreas de vertente escarpada da unidade VII	60
Figura 14 – Mapa litológico da bacia hidrográfica do Rio Itu	65
Figura 15 - A figura mostra as condições oceânica e atmosférica no Oceano Pacífico tropical no final da primavera e verão do Hemisfério Sul em situação normal (a), El Niño (b) e La Niña (c).....	72
Figura 16 - Serie de mapas mostrando a distribuição da temperatura médias anual no estado do Rio Grande do Sul, em um período de 30 anos, com destaque para a bacia hidrográfica do Rio Itu.	75
Figura 17 - Serie de mapas mostrando a distribuição da precipitação média anual ao longo de 30 anos, com destaque para a bacia hidrográfica do Rio Itu.	76
Figura 18 – Resultado do balanço hídrico de Manuel Viana do ano de 2005	82
Figura 19 – Resultado do balanço hídrico de Alegrete do ano de 2005	83
Figura 20 – Resultado do balanço hídrico de Maçambará do ano de 2005	83
Figura 21 – Resultado do balanço hídrico de São Borja do ano de 2005	83
Figura 22 – Resultado do balanço hídrico de Manuel Viana do ano de 2006	84
Figura 23 – Resultado do balanço hídrico de Alegrete do ano de 2006	84
Figura 24 – Resultado do balanço hídrico de Maçambará do ano de 2006	84
Figura 25 – Resultado do balanço hídrico de São Borja do ano de 2006	84
Figura 26 – Mapa mostrando anomalia média de precipitação pluvial nos meses de outubro a dezembro em ano de El Niño. Adaptado de Berlato e Fontana (2003).	86

Figura 27 – Mapa mostrando anomalia média de precipitação pluvial nos meses de outubro a novembro em anos de El Niño. Adaptado de Berlato e Fontana (2003).	86
Figura 28 – Mapa mostrando anomalia média de precipitação pluvial no mês de novembro em anos de El Niño. Adaptado de Berlato e Fontana (2003).	86
Figura 29 – Mapa mostrando anomalia média de precipitação pluvial nos meses de outubro a dezembro em anos de La Niña.	87
Figura 30 – Mapa mostrando anomalia média de precipitação pluvial nos meses de outubro a novembro em anos de La Niña.	87
Figura 31 – Mapa mostrando anomalia média de precipitação pluvial no mês de novembro em anos de La Niña.	88
Figura 32 – Distribuição do déficit hídrico associado ao El Niño, neutro e La Niña.	88
Figura 33 – Esquema representativo mostrando os fatores contribuintes na formação dos solos	89
Figura 34 – Triângulo das granulometrias com treze classes granulométricas	93
Figura 35 - Tipos de estrutura do solo: a)laminar; ba)prismática; bb)colunar; ca)blocos angulares; cb)blocos subangulares e d)granular	93
Figura 36 – Mapa de solos da bacia hidrográfica do Rio Itu	95
Figura 37 – Fotografia mostrando afloramento de rocha de arenito coeso	104
Figura 38 – Fotografia mostrando afloramento de rocha de arenito coeso à meia encosta	105
Figura 39 - Mapa de uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica do Rio Itu	111
Figura 40 - Fotografia mostrando areal com presença de processos de dinâmica superficial.	112
Figura 41 – Imagem de satélite mostrando a presença de floresta em áreas íngremes.	113
Figura 42 – Imagem de satélite mostrando a presença de floresta junto as drenagens.	113
Figura 43 - Fotografia aérea de baixa altitude mostrando plantação de pinus sobre areal	114
Figura 44 – Fotografia mostrando o canal principal do Rio Itu, com a presença de uma pequena mata ciliar.	115
Figura 45 – Fotografia mostrando uso de campo com criação de gado	115
Figura 46 – Imagem de satélite mostrando uso da bacia hidrográfica do Rio Itu onde pode-se visualizar áreas de agricultura.	117
Figura 47 – Mapa de feições superficiais marcantes da bacia hidrográfica do Rio Itu	118
Figura 48 - Processo de arenização na bacia hidrográfica do Rio Itu	119
Figura 49 – Imagem de satélite mostrando a ocorrência de processos de voçorrocamento sobre substrato arenito.	121
Figura 50 – Fotografia aérea de baixa altitude mostrando processos de voçorrocamento	121
Figura 51 – Mapa de unidades geoambientais da bacia hidrográfica do Rio Itu	125

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Porcentagem das classes hipsométricas	53
Gráfico 02 – Histórico das temperaturas registradas na estação meteorológica de São Borja	77
Gráfico 03 – Histórico das precipitações média registradas na estação meteorológica de São Borja	77
Gráfico 04 – Precipitações registrada na estação meteorológica de Manuel Viana	78
Gráfico 05 – Precipitações registrada na estação meteorológica de Alegrete	79
Gráfico 06 – Precipitações registrada na estação meteorológica de Maçambará	79
Gráfico 07 – Precipitações registrada na estação meteorológica de São Borja	80
Gráfico 08 – Distribuição das porcentagens dos tipos de solo	94
Gráfico 09 – Distribuição das frações areia, silte a argila do horizonte A	96
Gráfico 10 – Distribuição das frações areia, silte a argila do horizonte B	97
Gráfico 11 – Distribuição das frações areia, silte a argila da amostra	98
Gráfico 12 – Distribuição das frações areia, silte a argila do horizonte A	99
Gráfico 13 – Distribuição das frações areia, silte a argila do horizonte B	99
Gráfico 14 – Distribuição das frações areia, silte a argila em superfície	100
Gráfico 15 – Distribuição das frações areia, silte a argila à 70cm de profundidade	101

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geoociências
Universidade Federal de Santa Maria

DEFINIÇÃO DE UNIDADES GEOAMBIENTAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITU – OESTE DO RS

AUTOR: ROMARIO TRENTIN

ORIENTADOR: LUÍS EDUARDO DE SOUZA ROBAINA

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 23 de janeiro de 2007.

Estudos ambientais, conhecendo os recursos e as fragilidades do meio, fazem parte dos trabalhos do laboratório de geologia ambiental (LAGEOLAM) – UFSM durante os últimos 10 anos. O oeste-sudoeste do estado do Rio Grande do Sul representa uma área de grande degradação ambiental com acelerados processos de erosão, ravinamentos, voçorocamento, e processo de arenização do solo. Neste contexto, o estudo da região é desenvolvido para identificar, mapear ou simplesmente descrever características das unidades de relevo que devido a forças naturais ou intervenções humanas, ocasionaram aumento na degradação ambiental e dos processos de dinâmica superficial que ocorrem na área. O presente trabalho analisa e mapeia unidades geoambientais na bacia hidrográfica do Rio Itu que possui uma área de 2.809,6 km² e hierarquia de 7^a ordem, usando uma escala de 1:50.000. A teoria e metodologia deste estudo são holísticos e realizados através de multicomponentes buscando uma síntese conforme a teoria do sistema integrada numa análise geoambiental. Os componentes geoambientais são as condições geológicas-geomorfológicas, atributos do relevo, condições climáticas, solo, vegetação e a atividade humana. Finalmente a análise de todos estes documentos juntos produzidos em diferentes etapas, gera o mapa geombiental. Este mapa indica possibilidades e limitações para a ocupação do ambiente. O mapa foi desenvolvido usando o SIG (Spring – INPE) e o produto final desenvolvido através do Corel Draw 12. Este mapa pode ser uma ferramenta auxiliar em projetos de desenvolvimento regional e gerenciamento de recursos na bacia.

ABSTRACT

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geoociências
Universidade Federal de Santa Maria

DEFINITION OF THE ENVIRONMENTAL UNITS IN HIDROGRAPHIC BASIN OF THE ITU RIVER – W/RS

AUTOR: ROMARIO TRENTIN

ORIENTADOR: LUÍS EDUARDO DE SOUZA ROBAINA

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 23 de janeiro de 2007.

The study of the environment, knowing its resources and frailties, has been the work of the Laboratório de Geologia Ambiental (Environmental Geology Laboratory) (LAGEOLAM) – UFSM during the last 10 years. The West-southwestern region of Rio Grande do Sul State represents an area of high environmental degradation, which is linked to accelerated erosion, engendering ravines, gully erosion, and sands processes of soils. In this context, the study of the region has been developed in order to identify, mapping, or simply describe objects of the landscape which, because of natural forces or through human influence, has occasioned environment degradation through the augmented superficial dynamics which occurs in that areas. This work presents analysis and mapping geoenvironmental in the Itu river basin over an area of 2809,6 km² and 7th order, using a scale of 1:50.000. The theory and methodology of present study are holistic in outlook in that they tend toward a synthetic and multicomponent approach in alignment with geosystems theory and integrated geoenvironmental analysis. Geoenvironmental components are geological-geomorphological conditions, relief attributes, climatic conditions, soil, vegetation and human beings shaping the landscape. Finally, the analysis of all these documents together produced on the former phases generated the geoenvironmental map. This map indicates the possibilities and limitations for specific environmental occupation. The map was created using a GIS (Spring – INPE) and to designed Corel Draw 12. This map to be an auxiliary tool for regional development projects and basin's resources management.

APRESENTAÇÃO

O trabalho apresentado representa a dissertação de mestrado, e tem o objetivo de cumprir uma exigência do PPGGEO, para obtenção do grau de mestre.

Os estudos desenvolvidos são produtos de investigações científicas, que tenho participado, nos últimos anos, junto ao Laboratório de Geologia Ambiental e representam a base cartográfica para estudos avançados em nível de diagnóstico geoambiental.

Este trabalho contempla o levantamento, discussão e apresentação dos dados para a Definição das Unidades Geoambientais na Bacia Hidrográfica do Rio Itu.

Inicia com uma revisão de literaturas a respeito dos trabalhos de cartografia com preocupação ambiental, como os mapas geotécnicos, geomorfológicos e os geoambientais propriamente ditos. Discute-se questões como bacia hidrográfica e analisa-se todos os atributos condicionantes a análise ambiental.

Apresenta-se uma discussão sobre as bases teóricas para desenvolvimento da metodologia utilizada.

Na revisão de literatura apresentam-se, também os principais estudos na região oeste do Estado.

O trabalho foi constituído a partir de uma análise sistêmica e os fatores condicionantes para a definição das unidades foram: a geologia, os parâmetros climáticos, o solo, o relevo, as feições superficiais e o uso e ocupação do solo.

Os capítulos seguintes apresentam os dados e mapas obtidos dos diversos fatores analisados. Discute-se a rede de drenagem, determinando as principais características; os atributos do relevo como altitude, amplitude e comprimento de vertente e a declividade; as litologias e os principais solos presentes na área; os usos e ocupação e feições características.

A análise finaliza com um mapa geoambiental que define unidades ambientais na bacia hidrográfica do Rio Itu.

Os resultados aqui mostrados têm um caráter de auxiliar no entendimento dos processos de dinâmica superficial da área de estudo, bem como auxiliar as instituições planejadoras e os órgãos administrativos na elaboração de planos e formas de uso e aplicação de atividades sobre a superfície em questão, visando um melhor equilíbrio entre as atividades desenvolvidas e os impactos causados por estes.

1 - INTRODUÇÃO

O meio ambiente é hoje, sem dúvida, uma das grandes preocupações da humanidade, ao buscar melhorias na qualidade de vida e na tentativa de preservar o patrimônio que a natureza produziu.

A visão holística da paisagem e a necessidade da compreensão das relações entre o homem, à natureza e a sociedade criaram novas visões e enfoques para as pesquisas ambientais.

Diagnósticos, impactos, monitoramentos, planejamentos, gerenciamentos, gestões e prognósticos ambientais são expressões com definições próprias e temas para implementação de trabalhos teóricos e práticos. Há em todas as ciências, conteúdos a serem oferecidos e incorporados à análise ambiental em cada um desses caminhos de facetas multivariadas.

Em outubro de 1970, realizou-se nos Estados Unidos, no campus da Universidade estadual de New York, o 1º Simpósio de Geomorfologia Ambiental, conduzido pelo Departamento de Geologia daquela universidade. Segundo Penteadó (1983), os problemas e trabalhos debatidos permitiram demonstrar o papel do geomorfólogo, e da geomorfologia, no campo de interdisciplinaridade abrangido pelos estudos de meio ambiente. Constituíram parte importante para o delineamento de uma política nacional, baseadas nas necessidades técnico-científico-econômicas, dos diferentes setores das atividades do país e voltadas para o meio ambiente.

A história da Geomorfologia expressa uma estreita vinculação com a Geografia. Os geógrafos em número expressivo consideram o relevo um constituinte da paisagem geográfica. Nesse sentido, pode-se afirmar que, enquanto constituinte da paisagem geográfica, constituiu o relevo, um elemento a ser analisado.

Davis (1904 *apud* Suertegaray, 2002), afirmava: “el tratamiento racional y moderno de los problemas geográficos exige que las formas, lo mismo que las formas orgánicas, sean estudiadas desde el punto de vista de su evolución y que, hasta donde este método de estudio lo requiera, el geógrafo sea geólogo”.

Para o geógrafo, a Geomorfologia (especialmente a clássica) constitui uma área de investigação que exige a compreensão do relevo em termos de processos e formas, analisadas sobre uma perspectiva histórica, evolutiva. A Geomorfologia clássica sempre privilegiou a explicação da gênese, o que implica discutir a noção de tempo.

Pode-se dizer, genericamente, que a Geomorfologia de cunho geográfico privilegiou os estudos morfogenéticos – a busca de gênese das formas. A Geomorfologia de cunho

geológico privilegiou a configuração espacial na sua relação com a disposição interna das rochas. Nesse sentido ela enfatizou a classificação com base na estrutura geológica.

Os estudos geomorfológicos procuram entender a forma da terra e tornar compreensíveis os processos que atuam na sua superfície. Essa meta, por si só, nos dá idéia da complexidade dos processos e fenômenos envolvidos.

Ross (1998) salienta que a abordagem geomorfológica nos estudos ambientais dirige-se a uma geomorfologia que tem suas bases conceituais nas ciências da Terra, mas fortes vínculos com as ciências Humanas, à medida que serve como suporte para o entendimento dos ambientes naturais, onde as sociedades humanas organizam o espaço físico-territorial.

A perspectiva ambiental ressalta o valor da preparação mais abrangente do geomorfólogo e do seu objeto de estudo. Disso decorre uma tendência de maior participação de geomorfólogos em pesquisas ambientais. Para a Geografia, o interesse pelo ambiente resgata o valor da Geografia Física em sua visão global, de que a Geomorfologia, a Climatologia, a Biogeografia e a Pedologia constituem as principais partes. Ao tratar da natureza da Geografia Física, Gregory (1992) mostra aspectos relevantes, como sua importância em estudos do meio ambiente, que permitem entender essas motivações da Geomorfologia para individualizá-la ou mantê-la integrada.

Conforme define Pentead-Orelhana (1985), os estudos geomorfológicos tem a oportunidade de planejar para preservar o meio, e para usar racionalmente os recursos naturais, sem romper o equilíbrio do ecossistema, e corrigirem falhas decorrentes da agressão sofrida pelo ambiente, através da ação antrópica em todos os seus aspectos, desde as modificações da paisagem até a poluição.

Segundo Ross (1992), todas as modificações inseridas pelo homem no ambiente natural alteram o equilíbrio da natureza.

Desta forma, podemos destacar que a análise geomorfológica da bacia hidrográfica apresenta grande eficiência na caracterização e diagnóstico do ambiente, levando-se em consideração a ocupação e uso dos recursos pela sociedade.

Para Suertegaray (2002), a valorização do estudo da ação de cada processo tem desencadeado tendências e especialização, levando os pesquisadores a um nível de maior aproximação com outros de áreas afins. Esses contatos em torno de uma temática específica geram amplo intercâmbio, havendo, na prática, assimilação de conteúdos e de técnicas que se mostrem mais efetivas e precisas na resolução de problemas comuns.

Geomorfologia Ambiental foi à designação proposta no 1º Simpósio de Geomorfologia Ambiental, em 1970, para definir uma Geomorfologia Aplicada, voltada para

o levantamento de problemas, e capacitada a apresentar sugestões práticas. Além disso, com condições de sugerir soluções para problemas inerentes ao impacto causado pelo homem sobre o ambiente, no que diz respeito ao seu desejo de transformar o relevo e usar ou alterar os processos superficiais.

Neste aspecto, a Geomorfologia Ambiental interfere nos campos das construções civis, nos planejamentos do uso das águas, das mudanças de regime fluviométricos, das modificações gerais da paisagem. Esta afeta também a extração de materiais superficiais e a proteção das paisagens. O objetivo da Geomorfologia Ambiental é minimizar as distorções topográficas, entender e atuar nos processos inter-relacionados para a restauração ou manutenção do balanço natural.

Desde que os problemas das ciências ambientais transcendem à tradicional ciência natural e atravessam várias disciplinas, a Geomorfologia, pela sua natureza interdisciplinar tem a oportunidade única de atuar nesse campo de interações.

Como demonstra-se, a Geomorfologia Ambiental, tem estado operando na prática, mais em problemas de distúrbios do equilíbrio do ecossistema, causado pelo homem, do que em programas de planificação e uso racional do meio. Essa posição ocorre do fato de que o aumento da densidade de população e o uso abusivo dos recursos naturais desde o início do século XX, levaram ao rompimento do sistema harmônico ambiental, à poluição e à degradação do meio (PENTEADO, 1983).

É importante ressaltar que na Geografia, entretanto, sempre estudou-se as relações homem x meio, as que hoje denominam-se estudos da natureza e sociedade, evidentemente com enfoques e metodologias diferentes das atuais. Os estudos do homem e do meio, na geografia agrária, da indústria, dos climas, do relevo, dos solos, as energias, das populações, do turismo, da biogeografia, nada mais são do que temas hoje tratados nos estudos integrados da natureza e da sociedade, denominados estudos ou análises ambientais, (ROSS, 2003).

A análise ambiental na abordagem geográfica é importante trabalho a ser desenvolvido para elaboração de Zoneamentos Ambientais e Socioeconômicos, que por sua vez dão suporte às políticas de planejamento estratégico, em qualquer nível de gerenciamento ou governo, em qualquer território político administrativo como nação, estado, município, fazendas, núcleos de colonização, bacias hidrográficas, áreas metropolitanas, pólos industriais, entre outros.

O processo de mapeamento geoambiental tem como rotina fundamental a divisão da área em unidades, de acordo com a variação de seus atributos. As unidades representam áreas com heterogeneidade mínima quanto aos atributos e, em compartimentos com respostas semelhantes frente aos processos de dinâmica superficial.

As características geoambientais representam os elementos naturais que compõem o meio físico, como a geologia, pedologia, os aspectos climáticos, relevo, os quais são a base para o entendimento da estruturação e organização do espaço físico, e por isso, a elaboração de um estudo voltado ao planejamento geoambiental vem a contribuir na seleção de áreas naturais de acordo com suas potencialidades e fragilidades.

O meio físico, no qual estão inseridos o solo, as rochas, o relevo, a água, o ar e suas diferentes combinações, pode ser considerado o suporte para todas as formas de vida sobre a superfície da Terra e, ao mesmo tempo o cenário de todas as atividades humanas. O meio físico e o meio biótico coexistem em uma relação de interdependência, e o homem forma um meio próprio, designado meio antrópico.

O ambiente é alterado pelas atividades humanas e o grau de alteração de um espaço, em relação a outro, é avaliado pelos seus diferentes modos de produção e/ou diferentes estágios de desenvolvimento tecnológico. Na natureza isso se revelou pela intensificação dos processos de apropriação dos recursos e conseqüente degradação ambiental.

A interferência do meio antrópico sobre o meio físico e biótico, rompe o estado de equilíbrio estabelecido ao longo da história evolutiva da superfície da crosta terrestre e por conseqüência o do planeta como um todo. Apesar dos processos geomorfológicos atuarem naturalmente no planeta, quando acelerados pela ação antrópica seus efeitos são imediatos e quase sempre podem manifestar-se de maneira catastrófica. Esses desequilíbrios do meio físico ou geoambiente são denominados problemas geoambientais.

A desordenada utilização dos recursos naturais acabou gerando áreas com sérios problemas de deterioração ambiental, que tendem a aumentar quantitativamente se o homem não se preocupar em recuperar ou ao menos minimizar a ação dos processos que acabam por diminuir a possibilidade de produção e até mesmo de uso destas áreas.

Dentre os problemas ambientais da atualidade a degradação ambiental pode ser considerada um dos mais importantes, afetando grandes áreas nas diversas regiões brasileiras.

No Rio Grande do Sul, as regiões Sudoeste e Oeste, o tema de degradação ambiental reveste-se de importância na medida em que o estudo destas áreas degradadas vem ao encontro de uma das mais significativas preocupações ecológicas no Estado. Os dados cartográficos em escalas maiores são pouco disponíveis e, por isso, o entendimento do

desenvolvimento dos processos erosivos de voçorocas¹ e a formação de núcleos de arenização² necessita de trabalhos científicos.

Trabalhos desta natureza no oeste do Rio Grande do Sul vêm a contribuir significativamente para o conhecimento da região à nível dos municípios e população que de forma geral apresentam séria carência em informações de sua própria área territorial e conhecimento da região quanto a suas características físicas.

A constatação mais evidente oriunda destas observações é a de que zonas marcadas por grande susceptibilidade à dinâmica superficial, como as registradas no oeste do Rio Grande do Sul, exigem técnicas particulares de uso e ocupação, para que não haja a degradação ou intensificação da degradação da mesma.

O presente trabalho tem por objetivo definir unidades geoambientais, na bacia hidrográfica do Rio Itu, em escala 1:50.000, utilizando como fundamentação a análise geomorfológica e algumas técnicas da geotecnia.

Apresenta ainda como objetivos específicos elaborar uma série de mapas temáticos auxiliares a elaboração do mapa geoambiental, constituídos principalmente de mapa hidrográfico, mapa hipsométrico, mapa de declividade, mapa de unidades de relevo, mapa litológico, mapa de solos, mapa de feições superficiais e características ambientais marcantes e o mapa de uso e ocupação.

O Rio Itu é afluente da margem direita do Rio Ibicuí e localiza-se no oeste do Rio Grande do Sul, estendendo-se pelos municípios de São Francisco de Assis, Manuel Viana, Itaquí, Unistalda, Maçambará, São Borja e Santiago. Com uma área de 2.809,61 km², esta bacia hidrográfica está inserida entre as coordenadas geográficas 54° 52' 20" a 55° 53' 15" de longitude oeste em relação ao meridiano de Greenwich, e 28° 58' 00" a 29° 24' 40" de latitude sul em relação à linha do Equador (Figura 01).

A definição de unidades geoambientais busca servir de subsídio para múltiplos usos, podendo auxiliar nas obras de engenharia, atividades agrícolas, recursos hídricos, gestão ambiental, dentre outros.

¹, Voçorocas são características erosivas permanentes nas encostas, possuindo paredes laterais íngremes e, em geral, fundo chato, ocorrendo fluxo de água no seu interior durante os eventos chuvosos. Algumas vezes, as voçorocas se aprofundam tanto, que chegam a atingir o lençol freático (Cunha e Guerra, 2001).

² Por arenização entende-se o processo de retrabalhamento de depósitos arenosos pouco ou não consolidados que acarreta nestas áreas uma dificuldade de fixação da cobertura vegetal, devido à intensa mobilidade dos sedimentos pela ação das águas e dos ventos (Suertegaray, 1987).

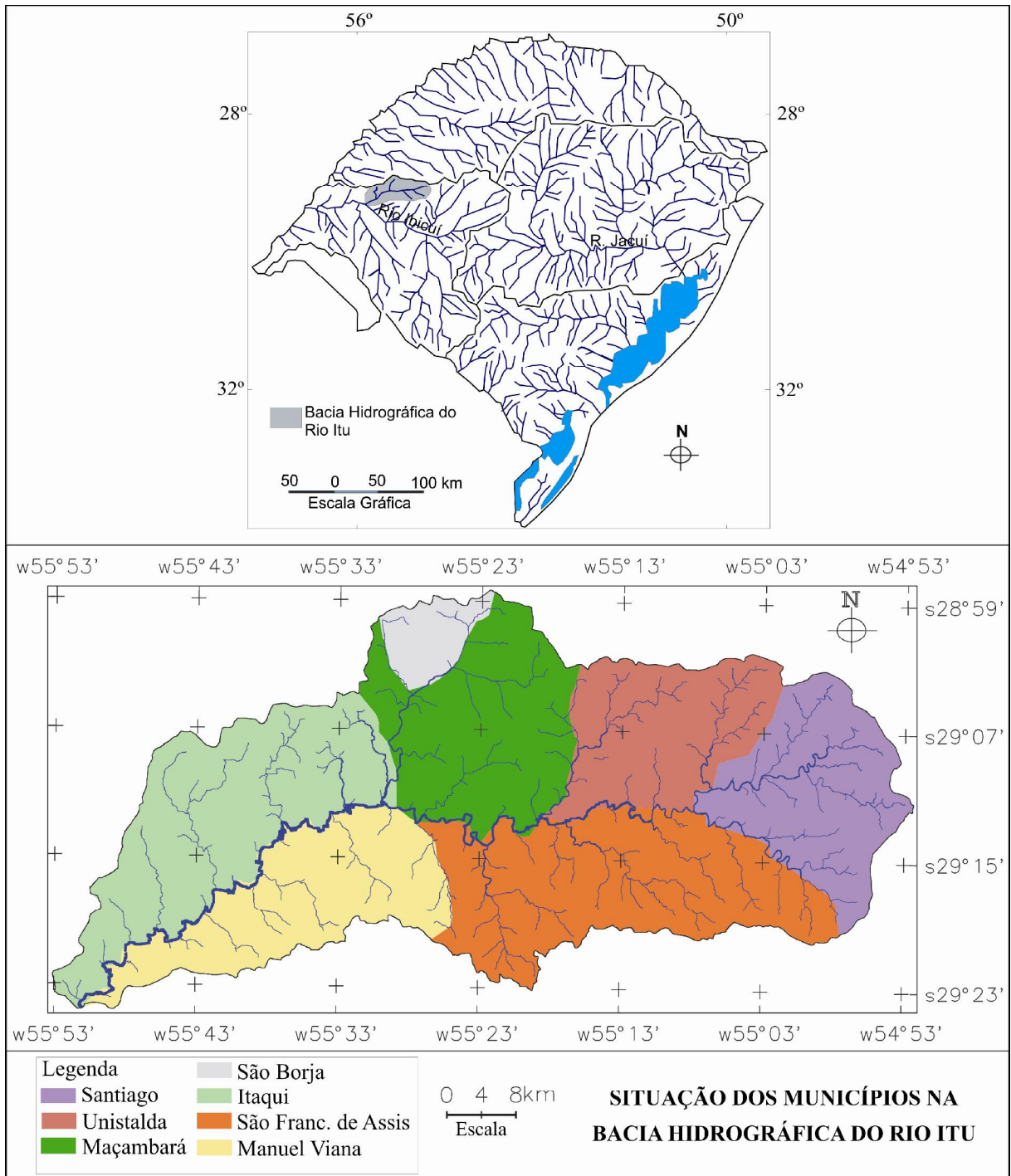


Figura 01 – Localização da área de estudo. Org: TRENTIN,R.

2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A cartografia geoambiental, de desenvolvimento mais recente no Brasil, começa a ganhar importância nos últimos anos e, seu desenvolvimento metodológico vem se aprimorando, com vários pesquisadores de diversas instituições produzindo documentos de zoneamento geoambiental. Estes trabalhos utilizam, predominantemente, as bacias hidrográficas como unidade de mapeamento e têm tido aplicação intensa nos estudos ambientais de caráter mais amplo.

2.1 – ESTUDOS EM BACIA HIDROGRÁFICA

A delimitação de unidades no meio ambiente a partir da integração de diferentes elementos e fatores é de fundamental importância para a realização de planejamentos, na medida em que se possibilita expressar a complexidade da paisagem.

Quando se discute os problemas relacionados às questões ambientais, as bacias hidrográficas se apresentam como unidades relevantes para tal discussão por esta ser um sistema integrado e aberto com entrada e saída contínua de matéria e energia. Rocha (1989) define bacia hidrográfica como sendo uma área que drena as águas das chuvas por ravinas, canais e tributários, para um curso principal, com vazão efluente passando por uma única saída, desaguando diretamente no mar ou em um grande lago, e estas, não possuem dimensões superficiais definidas.

Guerra (1993) conceitua bacia hidrográfica, como um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes. Afirma ainda, que em seu interior ocorre a existência de cabeceiras ou nascentes, divisores de água e cursos d' água.

Conforme Chorley *et al* (1984, *apud* RODRIGUES 2003), a bacia hidrográfica é considerada uma unidade ou sistema geomorfológico, que resulta da interação entre processos e *landforms*, que se agrupam para formar uma paisagem complexa. Compõe-se de divisores de água, encostas, redes de drenagem e um canal principal de maior extensão.

Segundo Collares (2000), a rede de drenagem das bacias hidrográficas atua como registro das alterações ocorridas em seu interior, e reflete as mudanças condicionadas por processos naturais ou atividades antrópicas.

A bacia hidrográfica, Figura 02 pode ser contextualizada como um sistema físico aberto, em que há a atuação de processos naturais ou antrópicos no ambiente, e como resposta, podem ser observadas mudanças no meio físico. Essas modificações resultam da

busca de um equilíbrio dinâmico observado pelo *input* e *output* de massa e energia do sistema (Chorley *et al.* 1984; Cunha & Guerra, 1996; Ross, 1996 *apud* RODRIGUES 2003).

Segundo IBGE (1994), a bacia hidrográfica é uma unidade geográfica ideal para planejamento integrado dos recursos naturais no ecossistema por ele envolvido e pode ser definido como sendo a área fisiográfica drenada por um curso de água, conectada e que converge direta ou indiretamente para um leito ou para um espelho de água.

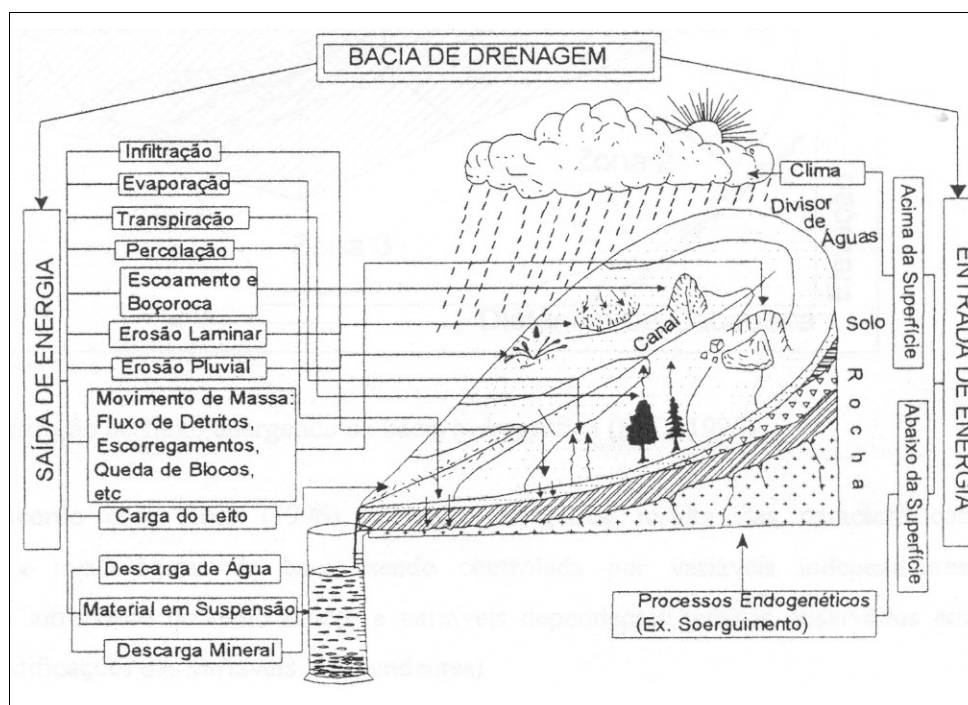


Figura 02 – Bacia hidrográfica: um sistema integrado e aberto. Fonte: modificado de Rawat (1987, *apud* Rodrigues 2003).

Conforme Botelho (1998), a bacia hidrográfica é uma célula natural onde é possível reconhecer e estudar as inter-relações existentes entre os diversos elementos da paisagem e os processos que atuam na sua esculturação. Assim sendo, apresenta-se como um elemento de grande importância para o estudo dos problemas ambientais, no gerenciamento de diversos aspectos, tanto humanos, sociais, quanto físicos.

Romero (1985, *apud* ANDREOZZI, 2005) descreve esta unidade fisiográfica, com algumas de suas características, seus sistemas internos e suas associações externas, como se segue:

La cuenca hidrográfica constituye una de las unidades geográfico-físicas más interesantes. Presenta una clara estructura espacial organizada por la red de drenaje y limitada por las divisorias de aguas. Sus rasgos morfológicos, representados por los sistemas de

laderas y llanuras, se asocian a la distribución de los climas, suelos y vegetación.

Para Pires (2000), a opção de trabalhar com a bacia hidrográfica, como unidade de análise, permite introduzir um aspecto na conceituação que é o planejamento integrado com a comunidade envolvida, ou seja, trabalhar a relação homem/natureza no dia-a-dia de cada cidadão.

No Brasil a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433/97), com base no modelo francês de gestão ambiental, usa como princípios básicos:

- Adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento;
- Usos múltiplos da água (todos os setores usuários têm igual acesso ao uso dos recursos hídricos);
- Reconhecimento da água como um bem finito e vulnerável;
- Reconhecimento do valor econômico da água;
- Gestão descentralizada e participativa.

2.2 - CARTOGRAFIA

As informações obtidas com o estudo dos atributos de uma determinada área devem ser representadas cartograficamente. Desta forma a Cartografia é uma importante ferramenta de auxílio à elaboração deste trabalho.

A cartografia convencional está baseada na representação da superfície terrestre ou de fenômenos associados à superfície na forma de um mapa estático. Todas as informações são representadas por símbolos. O usuário, ao olhar para um mapa precisa decodificar a mensagem e realizar as análises necessárias para o entendimento dos fenômenos.

Com a inclusão da tecnologia computacional nas tarefas de produção e disseminação cartográfica, surgiram algumas facilidades para a utilização dos mapas.

Neste sentido, Duarte (1988) comenta que a cartografia e a geografia são ciências que jamais se separam, pois existe um grande relacionamento entre ambas, de maneira que o geógrafo necessita conhecer os fundamentos da cartografia a fim de elaborar suas interpretações no início do trabalho, buscando levantar as hipóteses, a seguir no desenvolvimento através da correlação de dados, e no final na apresentação dos resultados.

Sanchez (1993) considera a cartografia como uma ciência perfeitamente definida, com o propósito e métodos próprios quando se trata da representação de parte, ou toda superfície terrestre.

Cabral (1991) comenta que o uso da cartografia, dos mapas, do material proveniente dos registros indiretos, aerofotogramas e imagens de satélite, são elementos que possibilitam a obtenção, o registro e a análise das variáveis do relevo. O uso da cartografia permite uma avaliação integrada nas mais variadas formas de abordagem dos trabalhos de planejamento, que visam a melhor forma de ocupação de áreas.

2.2.1 - Cartografia geoambiental e geomorfológica

A cartografia de áreas com intervenção antrópica importante, começou a ser utilizada a partir do início do século XX, mais precisamente no ano de 1913. Estes documentos, elaborados por Langen, tinham como objetivo orientar a construção e expansão de cidades alemãs. Desde então a produção destes documentos, denominada genericamente mapeamento geotécnico, vem sendo aplicada como um conjunto de procedimentos de seleção, levantamento, produção, análise, avaliação e representação de informações (atributos) do meio físico, visando subsidiar técnica e economicamente a ocupação ordenada e a avaliação geoambiental.

Os trabalhos cartográficos que iniciaram a discussão sobre intervenções antrópicas são os Mapas Geotécnicos e, por isso, serve como base para trabalhos Geoambientais. Envolve um grande volume de dados, com necessidade de cruzar níveis de informações variados, com atributos diferenciados, muitas vezes com critérios rígidos de precisão envolvidos (Zuquette 1993).

Dentre os mapeamentos Geotécnicos, cabe aqui destacar a metodologia PUCE (Pattern, Unit, Component, Evaluation), que é uma metodologia centrada na divisão da área em classes de terreno hierarquizadas a partir de características gerais (Geológico-Geomorfológicas), uso do solo e geotécnicas. Os terrenos são divididos e classificados em quatro classes hierárquicas denominadas províncias, padrão do terreno, unidades e componentes de terreno.

Rodrigues (2002), citando Bachion (1997) e Saraiva (1995), destaca que a metodologia PUCE surgiu, inicialmente, para auxiliar a agricultura, e mais tarde, para fins de planejamento regional e geotécnico. Relata ainda que o sistema PUCE parte do princípio que o terreno deve ser considerado como o resultado da integração entre a geologia e o clima, tendo o tempo como agente operador. A concretização destas proposições é que: terrenos que tenham evoluído de materiais similares passando pelos mesmos processos geológicos, apresentou propriedades semelhantes.

Destacamos ainda, a metodologia Suíça, que apresenta uma proposta de classificações dos terrenos para planejamento físico, baseada, principalmente no sistema PUCE e, secundariamente, em alguns sistemas americanos. Segue o princípio de que, terrenos desenvolvidos por um mesmo grupo de eventos e sobre condições climáticas similares podem apresentar propriedades geotécnicas e comportamentos semelhantes. Os fatores ambientais relevantes no sistema de classificação são: processos de formação geológica e ambiente geológico; variações eustáticas e isostáticas; topografia; formas do terreno; drenagem e hidrografia; vegetação; uso atual da terra e os dados geotécnicos existentes.

A sistemática das Cartas Zermos (zonas expostas a movimento de solos), foram adotadas pelo serviço geológico francês, sob a responsabilidade do laboratório do Ponts et Chaussées, na França. Estas cartas devem traduzir uma análise, em um dado momento, dos movimentos dos terrenos, ou dos terrenos de instabilidade revelados pelos dados obtidos na área estudada. A hierarquia, a graduação da natureza ou do nível de instabilidade é baseada, essencialmente, na análise de certo número de fatores temporais ou permanentes que afetam a estabilidade dos terrenos.

A abordagem metodológica do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), também aborda a análise do ambiente através da elaboração de cartas de atributos.

Destacam-se ainda, os trabalhos de aplicação das formas de terreno como critério de descrição regional. O responsável pela introdução destes elementos no zoneamento regional foi Bourne (1931 *apud* LOLLO, 1996), com o “princípio da similaridade dos elementos da paisagem”. A partir da década de 1950 ocorreu um avanço significativo nos trabalhos referentes à avaliação do terreno, destacando-se dois grupos de pesquisa: uma delas seguiu uma linha voltada aos aspectos geomorfológicos; e a outra concentrou os estudos no sentido da ampliação de conceitos na avaliação das condições naturais. Esse segundo grupo dividiu-se em duas correntes de trabalho: a avaliação visual da paisagem e a avaliação do terreno.

De acordo com Lollo (1996), o terreno pode ser avaliado de duas maneiras: pelo enfoque da paisagem (*landscape approach*) e pelo enfoque paramétrico (*parametric approach*). O enfoque da paisagem consiste na delimitação de diferentes feições do terreno, baseada num conjunto de observações fotointerpretativas e de campo, promovendo o zoneamento de áreas consideradas semelhantes ou que apresentam um grau de heterogeneidade mínimo.

O enfoque paramétrico visa o mesmo objetivo que o enfoque da paisagem (delimitação de áreas diferente do ponto de vista fisiográfico), contudo faz a delimitação por

intermédio da medida de atributos representativos da geometria dos *Landforms*, tais como declividade, amplitude e comprimento das vertentes.

Conforme Vedovello (2004), a Cartografia Geoambiental pode ser entendida, de forma ampla, como todo o processo envolvido na obtenção, análise, representação, comunicação e aplicação de dados e informações do meio físico, considerando-se as potencialidades e fragilidades naturais do terreno, bem como os perigos, riscos impacto e conflitos decorrentes da interação entre a ação humana e o meio ambiente fisiográfico. Pode, por isso, incorporar elementos bióticos, antrópicos e sócio-culturais em sua análise e representação. Nesta concepção a Cartografia Geotécnica estaria incluída no escopo geral da Cartografia Geoambiental.

Fiori (2004), em relato sobre metodologias de Cartografia Geoambiental, destaca que esta, como o próprio nome indica, ocupa-se da elaboração de mapas ou cartas que tratem de problemas Geoambientais, frequentemente ocasionados por um desequilíbrio do meio físico que, no nosso país, dizem respeito, principalmente a fenômenos de erosão, escorregamento, assoreamento, enchentes, inundações e circulação de água, associados ou não à ocupação antrópica.

No campo da geomorfologia, a cartografia tem auxiliado com o uso de sensores como o radar e satélite. No Brasil, estes estudos têm sido executados basicamente para escalas médias (1:50.000; 1:100.000) e pequenas (1:250.000; 1:500.000 e 1:1.000.000), em mapeamentos sistemáticos que foram gerados basicamente pelo projeto RadamBrasil, para todo o território nacional e pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT (1981) para o estado de São Paulo, entre outros menos divulgados. Os procedimentos técnicos operacionais, para ambos os trabalhos, foi o de identificação visual dos diversos padrões de formas semelhantes, que se definem pelo aspecto fisionômico da rugosidade topográfica, ou das diferentes intensidades dos padrões de dissecação do relevo.

A proposição de Ross (1992), no campo da geomorfologia, estabelece categorias de tamanho, idade, gênese e forma, trabalhando com a identificação e cartografia de unidades distintas. Desta forma, a concepção do autor é aplicada em trabalhos que buscam subdividir o terreno em unidades homogêneas.

Com base na cartografia geoambiental e geomorfológica podemos citar inúmeros trabalhos que têm trabalhado nesta linha:

Os trabalhos de Suertegaray (1995, 2001) e Verdum (1993, 1997), definem em uma Carta Geoecológica, as estruturas do meio e seu potencial ecológico com a distinção de

compartimentos com base no relevo, na ecologia, dados hidrográficos e processos morfo genéticos associados.

Grecchi e Pejon (1998), trabalhando na região de Piracicaba (SP), com o auxílio de imagens de satélite e Sistema de Informação Geográfica, levantaram informações sobre a geologia, pedologia, geomorfologia, geotecnia, hidrologia, etc., na escala 1:50.000, baseado tanto em trabalhos já existentes, como em novos documentos, buscando compreender principalmente, a dinâmica dos fatores do meio físico e de como este vem sendo ocupado e manejado pelo homem.

Segundo Herrmann (2004), para a definição das unidades Geoambientais, faz-se necessário o reconhecimento dos componentes, como os seus atributos e fatores condicionantes: hidrográficos, geológicos, geomorfológicos, pedológicos, climáticos, fitogeográficos e antrópicos.

A realização do 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, realizado em São Carlos/SP, em novembro de 2004, mostra a grande importância da discussão do tema frente aos problemas ambientais, a partir dos trabalhos aí discutidos, onde podem destacar alguns como:

Higashi (2004), utilizando-se da Cartografia Geoambiental, apresentou uma caracterização de unidades Geoambientais de São Francisco de Sul, com a finalidade de prever o comportamento destas unidades de solos presentes na área, utilizando o Sistema de Informação Geográfica, como uma ferramenta de auxílio ao diagnóstico de impactos causados ao meio ambiente.

Menezes e Zuquette (2004), em avaliações metodológicas em estudos geoambientais de bacias hidrográficas, trabalharam com a avaliação das informações do meio físico para os estudos geoambientais, tomando como base a bacia hidrográfica do Rio Pardo, na região sudoeste do Brasil, analisando os atributos referentes ao substrato rochoso, material superficial (inconsolidado), relevo, clima, água superficial e subterrânea e os processos atuais do meio físico.

Souza *et al.* (2005), utilizou-se da Cartografia Geoambiental como base para a elaboração do Plano Diretor Ambiental e Urbanístico de Mariana. No trabalho, os autores abordam o estudo do meio físico do município, avaliando qualitativamente as características gerais dos terrenos, os conflitos de usos e os principais impactos ambientais existentes tendo como objetivo fornecer subsídios para a proposição do ordenamento territorial do mesmo na escala 1:50.000.

Melo e Lima Filho (2005), realizaram um estudo no município de Paulista, no estado de Pernambuco, e constataram a partir da análise geoambiental que algumas áreas apresentam situação críticas e que podem ser revertidas com programas sócio-ambientais, já outras áreas necessitam de preservação para o bem estar social e ambiental do município.

2.3 – TRABALHOS DESENVOLVIDOS NA REGIÃO OESTE DO RIO GRANDE DO SUL

2.3.1 – Trabalhos de caracterização geral do oeste do Rio Grande do Sul

Os primeiros estudiosos a descrever a região foram viajantes que passaram pelo oeste do Rio Grande do Sul. Um dos primeiros relatos é do médico Ave-Lallemant (1858), que comenta sobre os areais da região: “há lua um pouco velada, deitava um clarão turvo sobre a região. Subitamente ao redor de nós tudo parecia branco. Crer-se-ia viajar num campo de neve. Em volta, a areia pura, limpa sem nenhuma vegetação, verdadeiro deserto africano embora de pouca extensão. Dava-me a impressão particularmente melancólica. Viajamos juntos em silêncio”.

Outro relato que merece ser destacado é de Rambo (1956), em seu livro *Fisiografia do Rio Grande do Sul* onde este autor elaborando uma caracterização, por regiões, do estado do Rio Grande do Sul, apresenta um capítulo sobre a Campanha do Sudoeste, onde descreve aspectos geográficos formação geo-histórica, as transformações geológica, vegetação da campanha, paisagem da campanha e a significação antropogeografia.

Cabe ainda destacar, neste mesmo livro, a passagem onde o autor se reporta à ocorrência dos areias que diz: “em alguns lugares mais altos e planos, depara-se um fenômeno único em todo o Rio Grande do Sul: areais de muitos hectares de superfície no meio do campo, como verdadeiras dunas continentais: é como se a paisagem quisesse conservar uma lembrança do que foi toda essa região nas longínquas eras do Triássico, quando ainda não existia a valente flora de campo para subjugar os areais”.

Outro trabalho que merece destaque é o de Chebataroff (1954, *apud* Müller Filho 1970), que identifica na região oeste do Estado quatro compartimentos, a Depressão Periférica do RS, o Rebordo do Planalto e o Planalto sul-rio-grandense e Cuesta de Haedo (Figura 03).

A Depressão Periférica ocupa toda a porção do baixo curso da bacia hidrográfica e se caracteriza pelas menores declividades e ondulações do relevo, com o domínio de uma ampla planície aluvial e coxilhas sedimentares.

O Topo do Planalto corresponde à parte do extremo sul dos derrames vulcânicos, constituindo um compartimento com topografia levemente ondulada, originado do vulcanismo fissural ocorrido na bacia do Paraná, na Era Mesozóica.

O Rebordo do Planalto ocupa grande porção de médio curso e parte da porção do alto curso da bacia hidrográfica do Rio Itu, caracterizando-se pelas altas declividades, como vertentes íngremes e os canais formando vales encaixados. Configura-se numa área muito acidentada, repleta de reentrâncias e vales encaixados, apresentando-se como a área de transição entre o Planalto e a Depressão Periférica do Rio Grande do Sul.

A Cuesta de Haedo é a definição de unidade particularmente no conjunto geomorfológico do Rio Grande de Sul, baseada fundamentalmente nas diferenças altimétricas, estruturais e de drenagem. Embora haja semelhança litológica entre esta unidade e o planalto basáltico, estas diferenças permitem definir uma configuração regional de relevo individualizada para o sudoeste do estado.

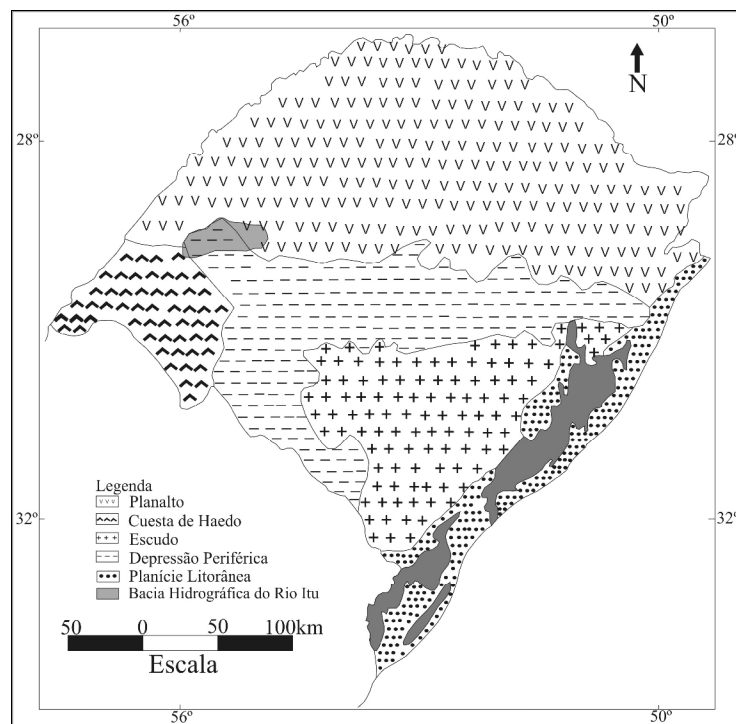


Figura 03 – Unidades morfoesculturais do Rio Grande do Sul. Fonte: Adaptado de Mulher Filho (1970)

A Cuesta de Haedo é um relevo homoclinal dissimétrico com front voltado para leste, e cujo reverso suave decai em direção ao Rio Uruguai. Suas litologias características são do Triássico Superior (arenito Botucatu e basalto). O front alcança 200 a 300 metros de altitude e a margem do Uruguai não alcança os 100 metros. É entalhada por diversos rios conseqüentes que confluem no Uruguai: o Ibicuí, cujo vale assinala a transição com o Planalto Basáltico, o

Quaraí, o Taquarembó, e o Negro, sendo os dois últimos em território uruguaio (Müller Filho, 1970).

Com relação à geologia Maciel Filho *et al.* (1971), em seu trabalho no município de São Francisco de Assis, definiram rochas sedimentares e vulcânicas aflorantes na região, como pertencendo a Bacia do Paraná, definidas pelos autores por Formação Santa Maria, Formação Botucatu, Formação Serra Geral e Depósitos Quaternários.

Destacando-se ainda os trabalhos pioneiros na região, apresenta-se o trabalho de Medeiros *et al.* (1989), discutindo sobre os depósitos do cenozóico do oeste do estado do Rio Grande do Sul, mais precisamente nos municípios de São Francisco de Assis e Alegrete.

Veiga *et al.* (1987), definem a existência de arenitos de origem fluvial, friáveis e silicificados, constituindo uma seqüência, segundo os autores, de sedimentos depositados no Cenozóico.

Em trabalhos mais recentes, Lavina e Scherer (1997, *apud* MILANI 2002), constataram que os depósitos flúvio-lacustres das Formações Santa Maria e Caturrita e do Arenito Mata não estão presentes, ocorrendo no seu lugar (entre as Formações Sanga do Cabral e Botucatu), um espesso pacote de arenitos quartzosos esbranquiçados, cujo posicionamento estratigráfico permaneceu indefinido durante muito tempo. Estes pesquisadores detalharam o mapeamento geológico estendendo a sua ocorrência para o norte até o município de Jaguari, onde é interceptado por um sistema de falhas NW-SE, que delimita a sua área aflorante.

Com base nesses dados Scherer *et al.* (2002), definiram os arenitos finos e conglomeráticos, de origem fluvial, como pertencentes à Formação Guará de idade Mesozóica. A formação Guará aflora na região oeste da Depressão Periférica, em uma faixa que se estende do município de Jaguari até Santana do Livramento. O mais provável é que esta sedimentação tenha ocorrido no final do Jurássico.

Estudos com relação aos atributos climáticos definiram para o sudoeste do Rio Grande do Sul, segundo Nimer (1977), um clima subtropical, descrito como mesotérmico brando superúmido, caracterizado pela presença de invernos frios e verões quentes, com inexistência de estação seca. A chuva, principal agente erosivo, é de extrema importância, e ocorre o ano todo, predominando períodos superúmidos (precipitação mensal >100mm), com pequenos períodos úmidos ou de estiagens.

A temperatura média anual, segundo Nimer (1988), varia em torno de 19 a 20°C, sendo que no inverno atingem valores entre 13 e 14°C, e no verão as temperaturas mensais atingem uma média de 25°C.

Os fenômenos naturais que exercem influência na quantidade de precipitação e números de dias de chuva são o El Niño e La Niña, os quais acabam gerando alterações na circulação atmosférica regional e provocando eventos de estiagens e ou de muita precipitação.

Conforme Berlato e Fontana (2003), além dos totais de precipitação pluvial, também a distribuição destes elementos meteorológicos é influenciada pelo evento El Niño e La Niña. Para o estado do Rio Grande do Sul, segundo Fontana e Almeida (2003 *apud* Berlato e Fontana 2003), observa-se associado ao evento El Niño, um incremento no número de dias com precipitação pluvial, enquanto nos eventos La Niña ocorre redução, principalmente no final da primavera e início do verão.

Trabalhos de Cabral & Maciel Filho (1991), define o sentido predominante dos ventos de sudoeste, com velocidade média em torno de 2m/s. Velocidades maiores são identificadas nos meses de julho, agosto e parte de setembro, transformando-se em ventanias fortes, período de maior atividade do vento conhecido como Minuano, onde se identificam as intensificações dos processos de formação dos campos de areia na fronteira do sudoeste do Rio Grande do Sul.

Um dos primeiros trabalhos que apresentam características da vegetação do oeste do Rio Grande do Sul é o de Lindman (1974), que no trabalho sobre a Vegetação do Rio Grande do Sul, apresenta uma descrição da campanha. Embora substancialmente alterada na atualidade, as paisagens do Sudoeste do Rio Grande do Sul ainda permitem reconhecer com bastante precisão o seu estado original. A característica mais notável desta região é a grande predominância das formações campestres. A vegetação silvática restringe-se praticamente a certas encostas dos chapadões de arenito, sobretudo ao norte do Rio Ibicuí, bem como as faixas que acompanham os principais cursos de água, tratando-se nos dois casos, de habitats, favorecidos por um suprimento mais regular de água.

Suertegaray (1995), considera que o sudoeste do Rio Grande do Sul apresenta grande fragilidade na sua paisagem. Esta fragilidade é decorrente de um paleoambiente semi-árido ou semi-úmido estepário que, mais recentemente, sofreu umidificação. Com esta umidificação, possibilitou-se a instalação, nas áreas mais úmidas, vales e vertentes de encostas abrigadas, de vegetações arbóreas: mata de galeria, ou mata de encosta. Portanto, este fenômeno foi insuficiente para eliminar ou mascarar os vestígios da paisagem pré-moderna.

Assim se define a fragilidade da paisagem, identificando-se uma paisagem em processo de constituição pedogenética e de vegetação recente. Este conjunto regional corresponde ao nível paisagístico definido por Ab'Saber (1970), como “domínio das pradarias mistas subtropicais”, prados com presença de florestas-galerias.

Marchiori (1995), referindo-se aos tipos de vegetação encontrados no oeste do Rio Grande do Sul, destacando que as áreas susceptíveis a arenização aparecem revestidas por uma savana-estépica composta por flora diversificada e com fisionomias distintas, apesar da aparente simplicidade estrutural.

Segundo o mesmo autor, pode-se dizer ainda, que a ação antrópica ocasionou grande alteração junto às formações vegetais que recobrem o sudoeste do Rio Grande do Sul, sendo que o que se identifica hoje são alterações das savanas-estépicas e dos campos sul-rio-grandense, com pequena presença de resquícios de uma vegetação original.

Nos areais ocorre uma das plantas mais conspícuas da área, conforme Marchiori (1992), o butiazeiro-anão (*Butiá paraguayensis*), ocorrendo em manchas de vários hectares, sempre em estreita dependência das características do solo. Trata-se de uma das espécies mais peculiares da vegetação regional, pelo tom verde-acinzentado de suas grandes folhas pintadas e por ser o único caso de Palmeira Anã na flora sul-rio-grandense. Cabe destacar, conforme Marchiori (1995), que este habito vegetal é freqüente em palmeiras de savanas, como nos cerrados do Brasil central e nos Llanos da Venezuela.

Os solos encontrados na região foram identificados através do mapa de solos do Rio Grande do Sul realizado por Brasil (1973) e modificado por Streck *et al.* (2002), em solos do Rio Grande do Sul na escala 1:750.000. Pode-se destacar as seguintes classes: Latossolo Vermelho-Escuro textura argilosa e textura média, Argissolo Vermelho-Escuro textura argilosa e média/grossa, Cambissolos, Planossolos, Neossolos Quartzarênicos e, terrenos tipo Areais.

Conforme destaca Ab' Saber (2003), ao sul-sudoeste de Alegrete, em áreas de solo areníticos, vem ocorrendo escarificações por ações antrópicas e manejo agrícola inadequado. O desmate da vegetação chaquenha e de pradarias mistas para o plantio de soja, bem como o uso inconseqüente de máquinas agrícolas pesadas e escarificadoras provocaram uma aceleração dos processos erosivos. Daí porque vastos setores das campinas regionais foram abandonados tanto para o pastoreio como para o cultivo, necessitando de usos alternativos como florestas plantadas de interesse econômico.

2.3.2 – Trabalhos específicos de estudo de caso no oeste do Rio Grande do Sul

Azevedo e Kaminski (1995), em seu trabalho referente às considerações sobre os solos dos campos de areia no Rio Grande do Sul, destacam que o solo constitui um sistema termodinâmico aberto, onde se realizam trocas de energia e matéria com o ambiente, e as

perturbações neste fluxo que ultrapassam um determinado limite tendem a modificar o funcionamento e gerar um novo regime.

Assim sendo, os autores destacam que os campos de areia do oeste do Rio Grande do Sul apresentam precariedades quando se trata de compensar perturbações, evidenciados pela fragilidade da vegetação, baixa capacidade de fornecimento e retenção de nutrientes no solo e alta suscetibilidade à erosão hídrica e eólica.

Klamt e Schineider (1995), trabalhando sobre a susceptibilidade dos solos da campanha gaúcha em relação à erosão hídrica e eólica, destacam a forte relação destes processos com a alteração dos arenitos por processos geomorfológicos e pedológicos.

Estes autores destacam ainda que o conhecimento minucioso destes conjuntos de fenômenos constitui tarefa essencial para o entendimento da degradação ambiental em toda a sua magnitude, bem como para a recomendação de práticas que levem ao seu controle. Assim o mapeamento e a descrição de solos representa um elemento importante para qualquer estratégia de recuperação que se queira implementar nesta região.

Lohmann (2005) em seu trabalho de análise morfopedológica na bacia hidrográfica do Arroio Guassupi, analisou os solos, trabalhando também com a questão da hipsometria, declividade, geologia e geomorfologia, mapeou as erosões existentes na bacia, diferenciou e descreveu os compartimentos morfopedológicos, bem como caracterizou a suscetibilidade a erosão linear de cada compartimento, a fim de compreender os diferentes graus de suscetibilidade.

Com relação ao uso e ocupação do solo, trabalhos de Souto (1985) nas décadas de 60 e 70, verificaram-se um estímulo governamental acentuado, através de linhas de créditos, para atividades agropecuárias, o que trouxe facilidade na aquisição de insumos e equipamentos agrícolas. Influenciado pela sucessão trigo/soja, que permitia o uso intensivo das máquinas, os agricultores ampliaram suas áreas agrícolas

Segundo Suertegaray, *et al.* (2001), por ser uma região onde predominava os campos de pecuária extensiva, a mecanização tornava-se menos necessária, mas durante as décadas de 1970 e 1980, com a introdução do cultivo da soja e a modernização da lavoura de arroz, é que se inicia a incorporação de tratores e automatização das lavouras, sendo que os censos de 1970 e 1985 registraram aumento de 166% de número de tratores na região.

Conforme Rovedder (2003), um fator muito importante que propicia o desenvolvimento, ou ao menos intensifica o desenvolvimento dos processos de degradação do sudoeste – oeste do Rio Grande do Sul é a retirada da cobertura vegetal, expondo o material arenosos à incidência dos agentes erosivos.

Segundo Suertegaray (1995), o processo de recuperação das áreas de arenização iniciou na década de 1970, com trabalhos da Secretaria da Agricultura do estado do Rio Grande do Sul. Após alguns anos da implantação, constatou-se que não se havia alcançado os resultados desejados, isso principalmente devido a problemas identificados, como o sistema de plantio de árvores inadequado; frustração com o uso de espécies para o florestamento, falta de verbas entre outras.

Suertegaray trata de toda a problemática desta área, analisando os fatores de formação e desenvolvimento dos areais através da abordagem geomorfológica. Através de imagens de satélite Suertegaray *et al.* (2001) elaboraram um Atlas, onde procuram mapear as principais áreas de arenização e levantar dados sobre algumas bacias hidrográficas da região. Não pode-se deixar de citar ainda a importante contribuição de Suertegaray (1992), na publicação do livro “Deserto Grande do Sul: Controvérsias”, tratando da problemática da arenização da região.

Além destes trabalhos inúmeros outros podem ser citados, trabalhos estes que foram desenvolvidos ou que estão em desenvolvimento, abordando diversos enfoques da dinâmica do oeste do Rio Grande do Sul, entre eles podemos destacar.

Verdum (1993 e 1997), em trabalhos de mestrado e doutoramento faz uma abordagem de paisagens na região dos municípios de São Francisco de Assis e Manuel Viana.

Rovedder (2003) trabalhou a questão da revegetação com culturas de cobertura e espécies florestais para a contenção do processo de arenização em solos areníticos no sudoeste do Rio Grande do Sul pela Universidade Federal de Santa Maria, dentre vários trabalhos que vem sendo desenvolvidos pelos cursos de Engenharia Florestal, Agronomia, Geografia, Economia entre outras.

Na linha de mapeamentos e análises morfométricas, cita-se o Laboratório de Geologia Ambiental, que tem desenvolvido trabalhos nesta área, conforme pode-se destacar os mapeamentos Geológico-Geomorfológico realizados por Paula (2002), Cardoso (2003); Corrêa (2004), bem como das análises morfométricas de bacias hidrográficas realizadas por Sangoi *et al.* (2003) e Kulmam (2004).

3 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A Cartografia Geoambiental, consiste num processo contínuo que busca avaliar e retratar as características dos componentes do meio físico frente a diferentes formas de ocupação. Neste contexto, Zuquette (1993) destaca que a metodologia é um conjunto de conceitos, postulados técnicos, métodos, classificações, recursos tecnológicos de investigação e computacional utilizados para desenvolver um estudo.

Após a definição do tema e da abordagem a ser realizada no trabalho, foram definidas as forma de realização do trabalho.

O levantamento bibliográfico realizou-se de forma conjunta com o andamento do trabalho, servindo de guia para a elaboração das etapas. Este levantamento dividiu-se principalmente em:

- bibliografia teórico-metodológica, utilizada para apoiar o embasamento teórico e os procedimentos técnicos operacionais do trabalho;
- bibliografia de reconhecimento específica sobre os trabalhos já realizados na região, apresentando discussões sobre a área de estudo.

Para a elaboração do trabalho foram utilizados recursos e materiais disponíveis como mapas, imagens de satélite, cartas topográficas do exército, fotografias aéreas oblíquas de baixa altitude e trabalhos de campo.

A área apresenta um levantamento topográfico do exército em escala 1:50.000 que serviram de base para a elaboração do trabalho, sendo utilizadas as Cartas Topográficas de: Santiago: SH.21-X-D-II-1; Nova Esperança: SH.21-X-D-II-3; Unistalda: SH.21-X-D-I-2; Vila Kramer: SH.21-X-D-I-4; Cândida Vargas: SH.21-X-B-IV-3; Passo do Goulart: SH.21-X-D-I-1; Caraguataí: SH.21-X-D-I-3; Três Bocas: SH.21-X-C-III-2; Arroio Piraju: SH.21-X-C-III-4; Bororé: SH.21-X-C-III-1 e Chalé: SH.21-X-C-III-3.

Foram utilizadas fotografias aéreas oblíquas de baixa altitude, obtidas com um sobrevôo da área para a identificação do tipo de uso/ocupação e na identificação das principais feições superficiais como areais e voçorocas.

Os trabalhos de campo foram realizados de forma investigativa buscando a identificação da litologia da área, bem como a identificação dos tipos de solo e forma de uso e ocupação da bacia hidrográfica do Rio Itu .

Para a elaboração dos mapas e interpolação dos dados, utilizou-se o software Spring 4.1 desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e Corel DRAW 12, desenvolvido pela Corel Inc.

Utilizou-se os seguintes atributos para a análise Geoambiental: o substrato geológico e os principais lineamentos estruturais, as condições climáticas, as formas do relevo, feições da rede hidrográfica, tipos de solo, uso e ocupação da terra, feições superficiais e características ambientais marcantes.

Esses atributos são informações básicas que se utilizam para o mapeamento. Na definição de uma unidade homogênea pode-se utilizar um único atributo ou um grupo deles, que é a base para a análise de uma área. Define-se como atributo o elemento base que será inserido e operado sobre um documento cartográfico como informação que representa parte dos componentes do ambiente.

Os principais problemas para a elaboração do mapeamento incluem: selecionar, isolar, identificar e caracterizar os atributos necessários para a correta delimitação das unidades. Vale lembrar que os atributos podem referir-se a uma propriedade ou a relações entre propriedades que, associadas a outras, permitem a previsão de comportamentos.

Os atributos são analisados qualitativa e/ou quantitativamente, podendo ser constantes ou variáveis no espaço e/ou tempo. Podem ainda existir com ou sem relações causa-efeito. Portanto, para a elaboração do mapeamento, foi necessário ter clareza dos atributos utilizados, bem como o cuidado com a repetição no uso destes. O ponto fundamental é definir unidades pertinentes que realmente representem um determinado comportamento.

Outra questão está relacionada ao conceito de homogeneidade. Dependendo do grau de homogeneidade ou de heterogeneidade é possível estimar comportamentos diante de diferentes interesses. Tais conceitos estão ligados ao número de observações e amostras, obtidas de forma que o objeto (unidade) possa ser classificado de acordo com suas características.

As categorias de informação que foram analisadas e levantadas foram definidas através da metodologia desenvolvida pelo LAGEOLAM, In: Trentin e Robaina (2005), que são as seguintes: classes de documentos básicos; derivados; auxiliares e interpretativos, descritas a seguir.

A Figura 04 apresenta um fluxograma com os níveis de informações, bem como os mapas e características trabalhadas em cada fase da definição do mapa Geoambiental.

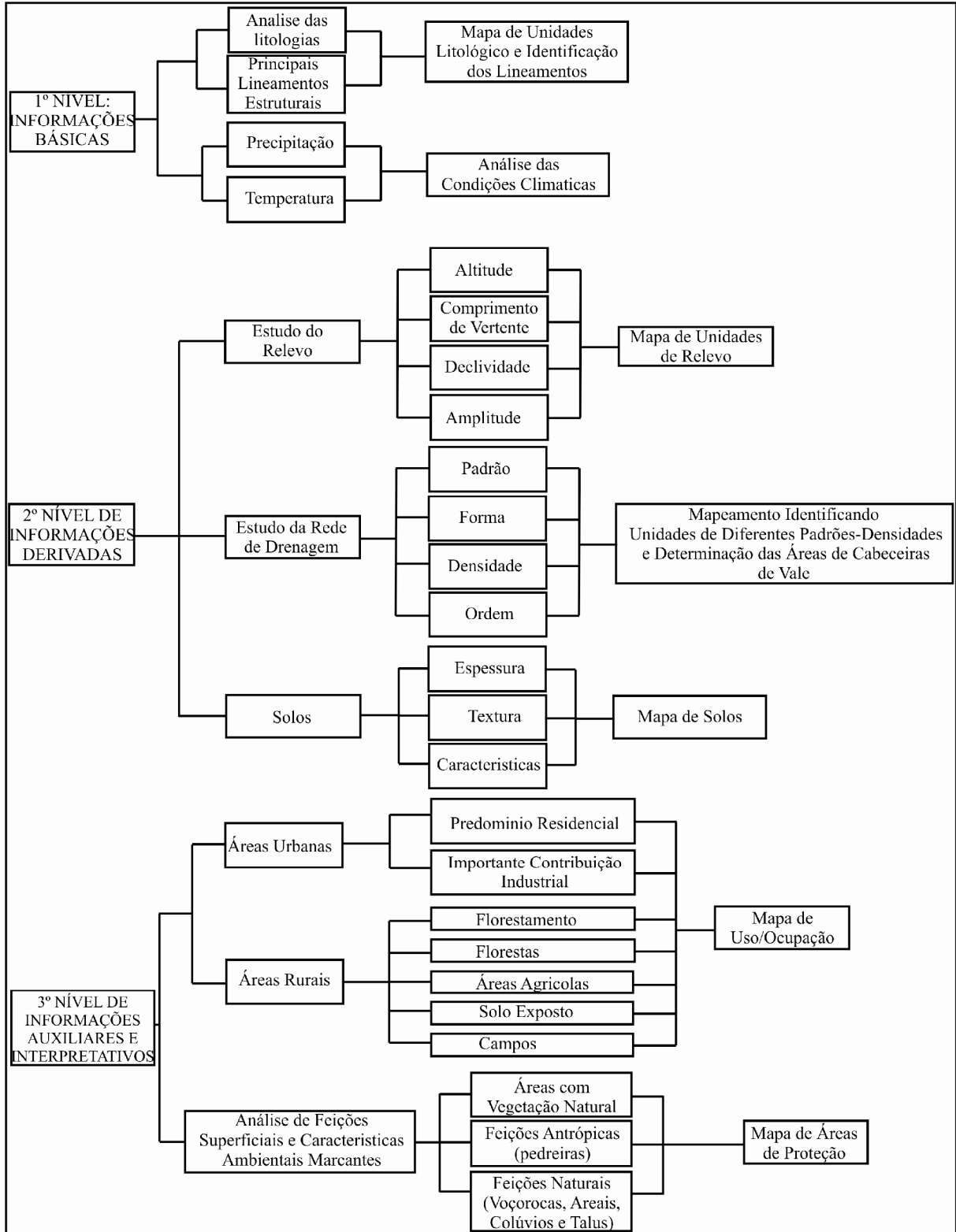


Figura 04 - Fluxograma dos níveis e etapas do mapeamento. Org: TRENTIN, R.

A elaboração do mapa Geoambiental parte dos estudos do substrato geológico e da determinação dos dados climáticos da área. Essas informações são definidas como básicas, pois o substrato rochoso e as condições climáticas do passado e do presente definem o

modelado do relevo e as características da rede de drenagem e da alterita gerada no processo de desagregação e decomposição das rochas.

Os mapas de substratos rochosos são de grande importância para a análise de quase todos os tipos de ocupação do meio físico, se tornando assim indispensáveis na realização dos mapeamentos Geoambientais.

Para uso no mapeamento Geoambiental considerou-se, que o mapa geológico deve registrar litologias, e não formações geológicas, grupos, etc. O mapeamento litológico deve apresentar uma análise integrada com a identificação e definição de diferentes tipos de rochas que compõem o substrato do meio físico e os principais lineamentos estruturais.

Os estudos do clima são de fundamental importância, para a compreensão dos processos e modelamento das formas superficiais. Conforme Moreira e Pires Neto (1998), os estudos do clima permitem identificar a intensidade dos processos que atuam na superfície terrestre, assim como a sua distribuição no espaço, sendo que a velocidade de alteração das rochas ou intemperismo, por exemplo, é fortemente condicionada pela temperatura e precipitação. Desta forma, neste trabalho o clima é analisado segundo determinadas condições climáticas da área de estudo, tendo como elementos de análise, as condições da temperatura e precipitação, que possibilitam identificar o balanço hídrico.

Para o desenvolvimento da caracterização climática do presente trabalho foi utilizado os balanços hídricos climatológicos. Os balanços hídricos foram calculados em planilha EXCEL elaborada para tal finalidade por Rolim *et al.* (1998), adotando-se o método de Thornthwaite & Mather (1955) para uma capacidade de água disponível (CAD) de 100mm, com a evapotranspiração potencial (ETP) sendo estimada pelo método de Thornthwaite (1948).

Foram utilizados dados normais de temperatura média mensal (TMED) e de chuva total mensal (P), pertencentes às redes de estações meteorológicas de vários institutos de meteorologia e no caso mais especificamente da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e ANA (Agência Nacional de Águas). Estes balanços hídricos foram elaborados para quatro estações meteorológicas próximas à área de estudo.

A distribuição das estações na área de estudo pode ser vista na Figura 05, estações estas que fazem parte de uma Plataforma de Coleta de Dados (PCD) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), sendo que seus dados podem ser consultado em um banco de dados deste instituto, via rede, onde encontram-se, para estas estações, dados de 2005 e 2006 e alguns de 2004.

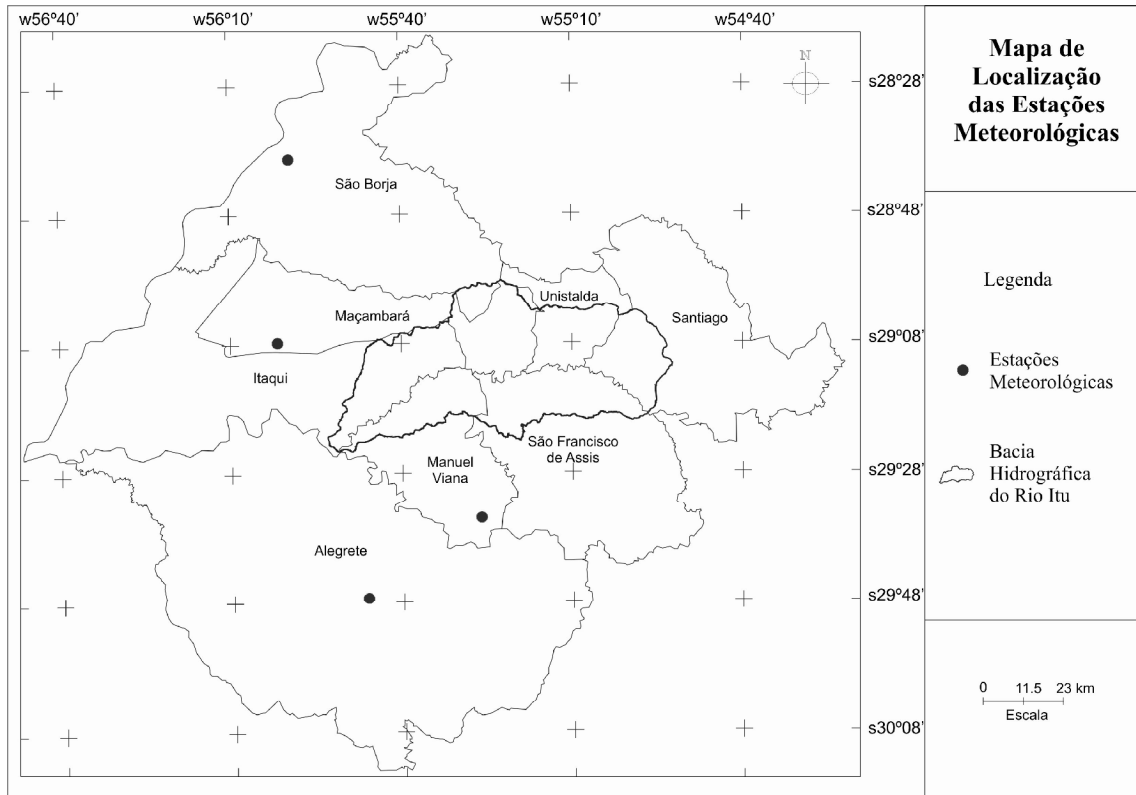


Figura 05 – Distribuição das estações meteorológicas na região da área de estudo. Org: TRENTIN,R.

A análise Geoambiental segue com um segundo nível de informações e mapas temáticos denominados classe de documentos derivados, fruto das interpretações entre os materiais geológicos e os processos naturais ocorridos ao longo do tempo em certas condições climáticas que são definidas pelo estudo da rede hidrográfica, unidades de relevo e, solos.

Segundo Zuquette (1987), o grupo de informações básicas é utilizado para qualquer região, independente do conjunto de características da mesma e normalmente neles se representam os componentes do meio físico.

O mesmo autor considera ainda que os mapas de natureza derivada, são realizados sobre as informações contidas nas outras classes de mapas. Estes mapas apresentam informações sobre os terrenos para uma ou mais finalidades e são destinadas ao uso direto pelo usuário.

Quanto aos atributos hidrográficos utilizados para o levantamento morfométrico, pode-se destacar a densidade de drenagem, fator forma, hierarquia e magnitude fluvial e o padrão de drenagem, que constituem o sistema hidrográfico a ser estudado.

A magnitude da bacia hidrográfica, descrita principalmente por Scheidderger (1970, *apud* Christofoletti 1970), consiste no número de nascentes desta bacia. O autor salienta ainda que este processo de ordenação de canais fluviais permite definir quais os principais tributários que formam o canal principal.

A forma da bacia é indicador do tempo de chegada da água que precipita nas vertentes ao curso principal, devendo ser considerado na análise de susceptibilidade a inundações. As bacias de forma mais circular estão sujeitas a ocorrência de inundações nas suas porções mais baixas.

As áreas e cabeceiras de drenagens serão individualizadas por estas serem as áreas mais susceptíveis ao desenvolvimento de voçorocas.

Para a análise do relevo, levou-se em consideração alguns atributos básicos definidos pela altimetria e pela análise das vertentes caracterizadas pelo comprimento, declividade e amplitude, determinando as formas de relevo.

A delimitação de unidades de relevo parte da definição destes atributos e de sua influência nos processos de dinâmica superficial. Desta forma, áreas planas em baixas altitudes na bacia estão mais sujeitas as inundações, enquanto área com elevadas declividades podem apresentar uma dinâmica superficial associada a movimentos de massa.

Com relação aos solos, o mapa temático e as informações levaram em consideração características como textura e espessura.

Estes mapas devem representar todos os materiais que estão sobre os substratos rochosos, e diferenciando-os quanto à textura, à origem, à rocha-mãe, à espessura (profundidade do substrato) e outras características.

A classe de documentos auxiliares ou interpretativos é caracterizada pelas modificações antrópicas e por feições que representam a dinâmica envolvida na interação entre a natureza e o homem.

Zuquette (1987) destaca que os mapas de natureza auxiliar, têm o objetivo básico registrar os pontos onde foi possível obter alguma informação (qualitativa ou quantitativa), assim como o modo e o tipo de obtenção das informações.

A análise do uso e ocupação ocorre a partir da definição de áreas distintas em formas com expressão poligonal. As feições superficiais identificadas como naturais e antrópicas englobam nesta identificação os processos erosivos acelerados como voçorocas e areais, os depósitos de talus e colúvios, áreas com vegetação nativa preservada e feições lineares ou pontuais de ação antrópica, como barragens, pedreiras e saibreiras, entre outras.

As formas e processos resultantes da ação antrópica permitem muitas possibilidades de caracterização, avaliação e representação cartográfica dos fenômenos observados. A análise de trabalhos publicados na área de geotecnia revela que o uso de informações sobre as atividades e intervenções antrópicas são utilizadas de forma não sistemática e bastante variável.